



HIMPUNAN  
AHLI TEKNIK HIDRAULIK  
INDONESIA



# PROSIDING

## PIT 35 HATHI

*Medan*, 7- 9 September 2018

TEMA:

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR TERPADU MENGHADAPI  
TANTANGAN PERUBAHAN IKLIM EKSTREM

DAN PERCEPATAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI ERA DIGITAL

**Jilid 1**



# Prosiding

## Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT)

# HATHI ke-35

Medan, 7 – 9 September 2018

TEMA:

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR TERPADU MENGHADAPI  
TANTANGAN PERUBAHAN IKLIM EKSTREM  
DAN PERCEPATAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI ERA DIGITAL

## Jilid 1

Perubahan Iklim Ekstrem



HIMPUNAN AHLI TEKNIK HIDRAULIK INDONESIA



**Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI ke-35, Medan, 7 – 9 September 2018.**

Tema “Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Menghadapi Tantangan Perubahan Iklim Ekstrem dan Percepatan Pembangunan Infrastruktur di Era Digital”

**JILID 1**

430 halaman, xiv, 21cm x 30cm  
2018

**Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI)**

Sekretariat HATHI, Gedung Direktorat Jenderal SDA Lantai 8  
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Jl. Pattimura 20, Kebayoran Baru, Jakarta 12110 - Indonesia  
Telepon/Fax. +62-21 7279 2263  
<http://www.hathi-pusat.org> | email: [hathi\\_pusat@yahoo.com](mailto:hathi_pusat@yahoo.com)

**Tim Reviewer:**

Prof. Dr. Ir. Sri Harto, Br., Dip., H., PU-SDA  
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc., PU-SDA  
Dr. Ir. Moch. Amron, M.Sc., PU-SDA  
Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Eng.  
Dr. Ir. Ahmad Perwira Mulia Tarigan, M.Sc  
Doddi Yudianto, ST., M.Sc., Ph.D.

**ISBN 978-602-6289-18-6 (jil.1)**

## SAMBUTAN



Puji Syukur kita panjatkan kepada Yang Maha Kuasa atas perkenanNya HATHI dapat kembali menyelenggarakan Pertemuan Ilmiah Tahunan-nya yang tahun ini diselenggarakan di Kota Medan.

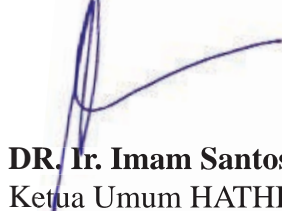
Ucapan selamat dan terima kasih saya sampaikan kepada HATHI Cabang Sumatera Utara atas segala kerja keras dan dukungan atas keberhasilan penyelenggaraan PIT ke 35 ini. Selayaknya kita berbangga menyatakan bahwa hingga saat ini diusianya yang ke 37, HATHI masih merupakan salah satu organisasi profesi yang paling aktif dan konsisten mempertahankan eksistensinya. Namun saya yakin hal ini tidak membuat HATHI berpuas diri. Pembinaan masih terus harus dilakukan baik dalam aspek keorganisasian maupun pengabdianya sebagai organisasi profesi.

Tantangan yang sedang dihadapi bangsa dan negara ini yang berkaitan dengan kemampuan kita dalam mengelola dan melindungi sumber daya air dan lingkungannya, harus kita sikapi dengan meningkatkan kualitas sumber daya manusia kita, sehingga dapat mewujudkan cita-cita organisasi yaitu agar dapat memberikan kontribusi dan kemanfaatan yang lebih luas bagi masyarakat dan kesejahteraannya. Kontribusi nyata masih perlu dioptimalkan dalam menjawab tantangan ini.

Demikianlah sambutan saya, semoga **“HATHI yang membumi dan HATHI yang merakyat”** tetap selalu menjadi semangat organisasi kita.

Akhirul kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan menyertai kita bersama dalam menjalani pengabdian ini. Aamiin

Medan, September 2018



**DR. Ir. Imam Santoso, M.Sc.**  
Ketua Umum HATHI



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, Pengurus HATHI Cabang Sumatera Utara dan Panitia Pelaksana Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI ke-35 Tahun 2018 menyampaikan selamat atas terbitnya Prosiding PIT 35 HATHI.

Publikasi karya ilmiah ini merupakan hasil dari kegiatan PIT 35 HATHI dengan tema: “Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Menghadapi Tantangan Perubahan Iklim Ekstrem dan Percepatan Pembangunan Infrastruktur di Era Digital” yang diselenggarakan di Medan, pada tanggal 7-9 September 2018.


Pertemuan Ilmiah Tahunan ini telah menjadi ajang pertemuan, pembahasan dan penyebaran ilmu pengetahuan dan wawasan guna meningkatkan profesionalisme bagi praktisi, akademisi, peneliti dan pengambil keputusan, khususnya anggota HATHI. Disamping menjadi dokumentasi karya ilmiah PIT 35 HATHI, prosiding ini diharapkan juga dapat bermanfaat sebagai referensi dalam pengembangan keilmuan dan profesionalisme di bidang Sumber Daya Air.

Kami merasa bahwa dalam hal penerbitan prosiding ini masih terdapat beberapa ketidak sempurnaan, oleh karena itu kami menyampaikan permohonan maaf dan mengharapkan masukan yang konstruktif dimana tentunya akan sangat membantu dalam rangka perbaikan penyusunan dan penulisan di kemudian hari.

Kami ucapkan selamat kepada para penulis atas karya ilmiahnya yang telah berhasil diterbitkan dalam prosiding ini.

Medan, November 2016

HATHI Cabang Sumatera Utara



**Roy Panagom Pardede, ST, M.Tech.**  
Ketua HATHI Cabang Sumatera Utara



**Ir. Makmur Ginting, M.Sc.**  
Ketua Panitia Pelaksana PIT XXXIII

## DAFTAR ISI

Sambutan Ketua Umum HATHI .....	iii
Daftar Isi .....	v
1. Sebaran Distribusi Frekuensi Hujan Harian Maksimum Tahunan Kab. Nagan Raya – Aceh..... <i>Andi Rinaldi, Alfiansyah Yulianur, dan Yulizar</i>	1-10
2. Teknologi Modifikasi Cuaca sebagai Upaya Meningkatkan Persediaan Air, Studi Kasus Pelaksanaan di DTA Danau Toba Tahun 2017..... <i>Didik Ardianto, Budi Harsoyo, Kurdianto I. Rahman, Sucipto E. Pranoto, Fahmi Hidayat, dan Raymond V. Ruritan</i>	11-20
3. Kesesuaian Penggunaan Data Satelite Curah Hujan TRMM untuk Mendukung Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia: Study Kasus Wilayah Sungai Saddang, Sulawesi Selatan..... <i>T. Iskandar, Fajar Arif Nurdin, Joko Mulyono, dan Dina Saptiarini Indriana</i>	21-30
4. Intensity-Duration-Frequency (IDF) dan Hujan Rencana Berdasarkan Data Hujan Non Stasioner pada Kondisi Iklim Berubah..... <i>Segel Ginting</i>	31-40
5. Viskositas Sebagai Indikasi Potensi Banjir Bandang di Sungai Saddang..... <i>Muhammad Hasbi, Muhammad Saleh Pallu, Rita Lopa, dan Mukhsan Putra Hatta</i>	41-49
6. Penentuan Skala Prioritas Penanganan Banjir Kecamatan Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur..... <i>SSN. Banjarsanti, Suminah, Arman, Asniah, Pelmi Suta, Kukuh P., Garini W., dan Theta. M.</i>	50-59
7. Analisis Bahaya Akibat Keruntuhan Bendungan Pasir Kopo di Kabupaten Lebak, Banten..... <i>Popi Nendia Lestari, Yadi Suryadi, M. Bagus Adityawan, dan Dwiva Anbiya Taruna</i>	60-69
8. Simulasi Puncak Banjir Sub DAS Banjaran Purwokerto Menggunakan ArcGIS & EPA-SWMM..... <i>Suripin, Irawadi, dan Moh. Lutfi Ariwibowo</i>	70-79
9. Efektifitas Sistem Drainase Mikro Sebagai Bagian dari Layanan Sistem Drainase Makro pada Daerah Kelapa Gading, Jakarta Utara..... <i>Ari Kusumawardhani, Dwita Sutjningsih, Evi Anggraheni, dan Jarot Widyoko</i>	80-89

10.	Skenario Pengendalian Banjir Sub DAS Bengawan Jero di Kabupaten Lamongan.....	90-99
	<i>Ery Suryo Kusumo, Tauvan Ari Praja, Galih Hapsoro Sundoro, dan Ibnu Supriyanto</i>	
11.	Analisis Penyebab Banjir di Kawasan Khatib Sulaiman-Lapai-Gunung Pangilun Kota Padang dan Upaya Pengendaliannya.....	100-9
	<i>Rifda Suriani, Rahmad Yuhendra, Librina Anggraini, Zahrul Umar</i>	
12.	Bendungan Rongkong Solusi Mengatasi Banjir Kabupaten Luwu Utara dan Mendukung Ketahanan Pangan Nasional.....	110-119
	<i>T. Iskandar, Hasrawati Rahim, dan Fajar Arif Nurdin</i>	
13.	Kajian Simulasi Genangan Banjir di Sungai Bolango Kota Gorontalo dengan Menggunakan Model Dua Dimensi .....	120-128
	<i>Riska Karunia Ellanda, Dina Noviadriana, Mohammad Farid, Akbar Rizaldi, Idham Riyando Moe, dan Herryan Kendra Keharudin</i>	
14.	Kajian Karakteristik dan Pemodelan Genangan Banjir di Sungai Cikalumpang .....	129-138
	<i>Teguh Mulia Aribawa, Gatut Bayuadji, Akbar Rizaldi, Tanto Sugiharto, Idham Riyando Moe, dan Mohammad Farid</i>	
15.	Kinerja Bendungan Karian dan Bendungan Pasir Kopo Sebagai Pengendali Banjir di Sungai Ciujung, Provinsi Banten .....	139-148
	<i>Dhiya Salma Abidah, Yadi Suryadi, dan Rizal Zaenal Mutaqin</i>	
16.	Studi Evaluasi dan Perbaikan Sistem Drainase di Polder Jati Pinggir Kanal Banjir Barat DKI Jakarta.....	149-157
	<i>Henny Sudjatmiko, Haidar Audah</i>	
17.	Kajian Penyebab Banjir Kali Langsur Kabupaten Sukoharjo.....	158-167
	<i>Pranoto Samto Atmojo, Sutarto Edhisono, M. Sigit, Romi N.</i>	
18.	Analisa Pengaruh Penerapan Ecodrain Terhadap Reduksi Genangan Akibat Hujan Menggunakan Aplikasi Storm Water Management Model .....	168-177
	<i>Sumiadi, Mohammad Bisri, Mita Ardiyana</i>	
19.	Kajian Hidrograf Banjir Rencana pada DAS Konto Kawasan Gunungapi Kelud.....	178-187
	<i>Levina dan Riksa Nugraha Utama</i>	
20.	Analisis Frekuensi Hujan Rencana Rumah Tadap Hujan .....	188-195
	<i>Yudha Hanova</i>	
21.	Hubungan Tingi Muka Air dan Debit di Batang Kuranji Kota Padang.....	196-204
	<i>Maryadi Utama, Seri Marona, dan Egip Fernando</i>	

22.	Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Debit Limpasan DAS Air Dingin yang Berpotensi Banjir .....	205-214
	<i>Nisa Khairat, Nulrajabmil, Chairul Muharis, Revalin Herdianto</i>	
23.	Analisis Base Flow Index Sungai Way Sekampung Stasiun Hidrometri Kunyir.....	215-221
	<i>Dyah Indriana Kusumastuti, Yudha Mediawan, dan Eka Kurniawan</i>	
24.	Aplikasi Program Hec-Ras 5.0.3 pada Studi Penanganan Banjir Krueng Tukah Kabupaten Pidie Provinsi Aceh.....	222-231
	<i>Ichsan Syahputra, Heny Yuliana, dan Tarmizi Daud</i>	
25.	Analisis Lengkung Debit Aliran Sungai Mahakam di Stasiun AWLR Melak-Kutai Barat .....	232-240
	<i>Mislan, Arief Rachman, Zulfi Fakhroni, Eddy S., Riz Anugerah dan Satrimo</i>	
26.	Evaluasi Sistem Drainase Ulak Karang dengan Metode Pemograman EPA SWMM Versi 5.1.....	241-250
	<i>Mila Yelmita, Alles Sandro Muharsya, Hartati, Suhendrik Hanwar</i>	
27.	Analisis Perbandingan Data Curah Hujan Satelit dan Permukaan untuk Pemodelan Hidrograf Satuan Sintetis Batang Sinamar .....	251-259
	<i>Siti Mardhia Ardina, Afdhal Raras, Indra Agus, dan Munafri Alwys</i>	
28.	Eksperimen Hujan - Limpasan dengan Alat Rainfall Simulator untuk Menentukan Waktu Konsentrasi Drainase Perkotaan .....	260-268
	<i>D Noorvy Khaerudin, Donny Harisuseno, dan Riyanto Haribowo</i>	
29.	Evaluasi Hidrograf Sintetis Terhadap Hidrograf Observasi Sungai Dengkeng .....	269-278
	<i>Antonius Suryono, Sapratisto Daim Fakhriyanto, dan Siti Dwi Rahayu</i>	
30.	Karakteristik Hujan dan Debit pada Kejadian Banjir Tahun 2017 di DAS Citarum Hulu .....	279-288
	<i>Enung, Iwan K. Hadihardaja, M.Syahril Badri Kusuma, dan Hadi Kardhana2</i>	
31.	Analisis Kuantifikasi Banjir Berdasarkan Karakteristik Genangan Sebagai Pedoman untuk Sistem Peringatan Dini .....	289-296
	<i>Ariani Budi Safarina, Ade Sena Permana, Iin Karnisah, Chairunnisa dan Agustin Purwanti</i>	
32.	Analisa Genangan Akibat Intensitas Hujan di Kawasan Pemukiman Kelurahan Gedung Johor dan Pangkalan Mansyur.....	297-306
	<i>Wishal. F, Kuswandi</i>	
33.	Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan Menggunakan Metode Kagan – Rodda dengan Memperhitungkan Faktor Topografi.....	307-316
	<i>Dian Chandrasasi, Very Dermawan, Anita Andriyani Adihaningrum</i>	



34.	Dampak Pasang Surut dan Gerusan Lokal Terhadap Longsor Belakang Turap Sungai Sesayap Malinau Sebrang .....	317-326
	<i>Tamrin, Andi Supriatna, A. Junaidi, Suryono, Adi Kusworo, dan Muhriadi</i>	
35.	Dampak ENSO, Gelombang Badai dan Kenaikan Muka Air Laut Terhadap Genangan di Pesisir Kota Semarang .....	327-334
	<i>Cahyo Nur Rahmat Nugroho, Suprpto, Leo Eliasta Sembiring, dan Juventus Welly R.G</i>	
36.	Analisis Permasalahan Pantai Utara Jawa, Sebagian Pulau Sumatera dan Pulau Terdepan .....	335-344
	<i>Suprpto, Leo Eliasta Sembiring, Cahyo Nur Rahmat Nugroho, dan Dede M. Sulaiman</i>	
37.	Skematisasi Penanganan Erosi Pantai.....	345-354
	<i>Rian M. Azhar, Suprpto, Raden Indra A.G, dan Adi Prasetyo</i>	
38.	Pengaruh Tinggi dan Lebar Pemecah Gelombang Tenggelam Terhadap Koefisien Transmisi .....	355-362
	<i>Andi Rusdin, Andi Hasanuddin Azikin, dan Indra Eka Wardana</i>	
39.	Pengaman Pantai di Pantai Kalinaung, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara dengan Memanfaatkan Kearifan Lokal .....	363-372
	<i>A. K. Torry Dundu, Ronny E. Pandaleke, Mochtar Sibi, Djidon Watania, Ellen Cumentas, Freddy Simboh, Stevanny Kumaat, dan Theodora Luntungan</i>	
40.	Pemanfaatan Long Storage pada Infrastruktur Mitigasi Tsunami Bandara Baru Yogyakarta untuk Suplai Air Bersih .....	373-380
	<i>Tri Budi Utama</i>	
41.	Analisis Konsep Desain Tanggul Lepas Pantai Jakarta dengan Pendekatan MCA .....	381-390
	<i>Sudarto, Vincentius Herdy Bayu Asri, Ferdinanto, Huda Bachtiar, dan Michael van Dewatering</i>	
42.	Studi Gerusan pada Struktur Bangunan Pantai Akibat Serangan Gelombang Pecah .....	391-400
	<i>Dalrino, Maryadi Utama, Suhendrik Hanwar</i>	
43.	Simulasi Panjang Intrusi Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Segara Anakan.....	401-410
	<i>Feril Hariati, Harman Ajiwibowo, dan Iwan K. Hadihardaja</i>	
44.	Efektivitas Penggantian Armor Pemecah Gelombang pada Pelabuhan Makasar dalam Mengantisipasi Perubahan Iklim .....	411-420
	<i>Toha Saleh, Dimas Prasetya</i>	
45.	Simulasi Numerik Karakteristik Aliran Tsunami di Sekitar Bangunan Vertikal Berbentuk Persegi Menggunakan Dualsphysics.....	421-430
	<i>Fernando Salim, Kuswandi, R. Triatmadja</i>	

# **EKSPERIMEN HUJAN - LIMPASAN DENGAN ALAT *RAINFALL SIMULATOR* UNTUK MENENTUKAN WAKTU KONSENTRASI DRAINASE PERKOTAAN**

**D. Noorvy Khaerudin<sup>1</sup>, Donny Harisuseno<sup>2</sup>, dan Riyanto Haribowo<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

\*noorvy@unitri.ac.id

## **Intisari**

Proses kejadian hujan limpasan dan infiltrasi sangat dipengaruhi oleh perilaku daerah drainase. Perilaku daerah drainase menjadi peranan penting dalam penentuan hasil jumlah hujan efektif, jumlah limpasan, dan jumlah infiltrasi. Berdasarkan dari hal itu maka model hujan, limpasan dan infiltrasi dapat terbentuk dengan perlakuan daerah drainase nya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode yang baik dalam melakukan eksperimen hujan, limpasan, dan infiltrasi pada model skala labolatorium dengan alat rainfall simulator berukuran 1,17 x 1,2 x 0,3 meter. Metode yang dimaksud adalah secara pengukuran, membuat perlakuan, dan pengolahan hasil data serta menentukan waktu konsentrasi dari hasil eksperimenen dengan alat simulator hujan. Penentuan waktu konentrasi yang benar pada penelitian eksperimen ini maka akan memvalidasi hasil waktu konsentrasi di aliran lahan dengan variasi variable luasan dan kemiringan.

Jumlah limpasan ditentukan dengan menggunakan modus statistic sehingga mempermudah dalam menentukan waktu konsentrasi

Kata Kunci: limpasan, modus, waktu konsentrasi

## **Latar Belakang**

Hujan dan limpasan adalah merupakan fenomena kejadian hidrologi pada siklus hidrologi. Fenomena kejadian hidrologi ini menyangkut kondisi keseimbangan air. Keseimbangan air yang dimaksud adalah antara hujan limpasan dan infiltrasi yang terjadi pada drainase perkotaan.

Penentuan waktu konsentrasi pada drainase perkotaan di lahan menjadi kendala karena konsep keseimbangan air tersebut berlaku. Konsep keseimbangan air yaitu adalah factor hujan, limpasan, dan infiltrasi. Masing-masing factor tersebut mempunyai peran yang mempengaruhi aliran di atas permukaan lahan. Dan hal ini menjadi faktor penentu waktu konsentrasi yang terjadi. Salah satunya adalah infiltasi. Infiltrasi merupakan fenomena yang kompleks (Assouline, et al., 2007). Beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah infiltrasi adalalah kadar air awal, dan kondisi fisik tanah. Selain faktor tersebut ada faktor yang juga mempengaruhi infiltrasi dalam proses hujan dan limpasan pada drainase perkotaan di lahan, yaitu kepadatan tanah (Khaerudin, et al., 2017). Kepadatan tanah menjadi faktor penentu

dalam menilai jumlah resapan air hujan ke dalam tanah di konsep drainase perkotaan yang berwawasan lingkungan.

Berdasarkan hal ini, maka penelitian ini menjadi permasalahan bila dilakukan di lapangan karena faktor infiltrasi yang kompleks tersebut, selain itu pula terkendala dalam mengkalibrasi alat dan validasi data untuk menentukan jumlah hujan dan limpasannya. Serta terkendala dalam penentuan waktu konsentrasi pengamatan proses hujan, limpasan dan infiltrasi bila dilakukan di lapangan. Dengan model tes di laboratorium, maka perlakuan kondisi tanah dan lahan dapat divariasikan sehingga proses keseimbangan air, hujan limpasan dan infiltrasi dapat terlihat.

Penelitian yang berhubungan dengan konsep hujan dan limpasan dalam menentukan waktu konsentrasi telah banyak dilakukan. Penelitian dilakukan di lapangan dan di laboratorium. Seperti yang dilakukan oleh (Estevesa, et al., 2000), yang menghadirkan pengamatan proses hujan dan limpasan pada skala laboratorium dengan variable kemiringan lahan dan hidrolis tanah. Hujan diperlakukan tidak sama atau bervariasi.

Salah satu metode pengukuran waktu konsentrasi di lahan adalah penelitian dari (Wong, et al., 1997). Plot terdiri dari empat teluk pengujian dan satu ruang koleksi. Seluruh plot terbuat dari beton bertulang. Dimensi setiap ruang pengujian adalah 25 m panjang dengan lebar 1 m. Dalam penelitian ini, teluk dengan kemiringan 2% digunakan.

Rumus waktu konsentrasi pada aliran di lahan untuk drainase perkotaan dengan variabel kemiringan dan hujan adalah:

$$tc = \frac{2L}{Up} \quad 1)$$

(V.T, et al., 1988)

$$tc = \frac{0.4L}{(g.So.y)^{1/2}} \quad 2)$$

Rumus dasar dari Van Te Chow ini dikembangkan oleh Ogbonna bahwa ada pergeseran kecepatan dari tanah yang teraliri oleh air di atas permukaan lahan. Variable yang berpengaruh adalah  $y_p$  sebagai kedalaman puncak limpasan,  $so$  adalah rata-rata kemiringan lahan dalam persen,  $g$  adalah percepatan gravitasi, dan  $L$  adalah panjang tangkapan air di lahan (Samuel U, 2004).

$$tc = \frac{[(59.6L)^{0.598} \times n^{0.605}]}{i^{0.888} \times So^{0.88}} \quad 3)$$

(Morgali, et al., 1965)

Rumus Morgali dan Linsley ini mempunyai pengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran di percobaannya yaitu dengan variabelnya, diantaranya adalah panjang

aliran, koefisien kekasaran *Manning's* intensitas hujan, dan kemiringan. (Samuel U, 2004)

$$tc = \left[ \frac{0.21x(3.6x10^6 v)xcxL^{2k}}{Sxi^{1+k}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad 4)$$

(Wong, et al., 1997)

Rumus (4) di atas merupakan persamaan hasil percobaan dengan satu baris series atau perlakuan lahan, yaitu beton saja atau rerumputan saja. Sedangkan untuk baris series dua, tiga, atau empat rumus untuk dua atau lebih bisa menggunakan berikut:

$$tc = 129.3xi^{-\frac{2}{3}} + 6.21xi^{-\frac{1}{2}} \quad 5)$$

Rumus di atas menggunakan parameter kecepatan aliran ( $v = 0,915 \times 10^{-6}$  m/s,  $ku = 1,0$ ,  $cu = 5000$ ,  $Lu = 12,5$  m,  $Su = 0,02$ ,  $kd = 0,5$ ,  $cd = 4$ ,  $Ld = 12,5$  m  $Sd = 0,02$

Rumus Mc. Dermot di bawah ini adalah persamaan dengan variable luas lahan. Variable yang berpengaruh terhadap  $tc$  adalah luasan. Semakin besar luasan lahan dalam suatu daerah tangkapan hujan untuk perencanaan drainase di lahan, maka semakin besar  $tc$ .

$$tc = 0.76xA^{0.38} \quad 6)$$

Dimana :  $t_c$  : Waktu Konsentrasi (menit).

$A$  : Luas DAS ( $km^2$ ) apabila ( $A$ ) lebih besar atau sama dengan  $50 Km^2$

Dari ke enam rumus di atas, ditunjukkan bahwa beberapa variabel mempengaruhi waktu konsentrasi pada aliran di lahan. Diantaranya adalah luas lahan, kemiringan, kondisi tanah (jenis tanah, struktur tanah, fisik tanah).

Dari hasil permasalahan di atas, maka penelitian ini diharapkan menghasilkan referensi berupa metode yang benar dalam menentukan model hujan dan limpasan dengan menggunakan *rainfall simulator*. Alat simulator hujan dapat memperlakukan kondisi tanah dan lahan yaitu dapat divariasikan sehingga proses keseimbangan air, hujan limpasan dan infiltrasi dapat terlihat.

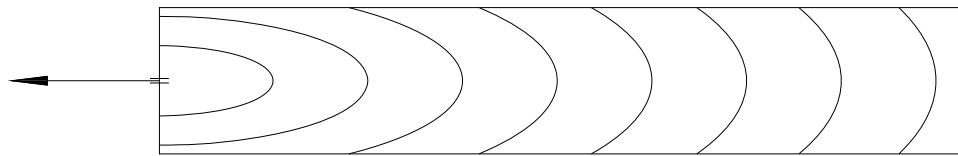
## Metodologi Studi

Daerah drainase seragam sebagai model lahan yaitu dengan menggunakan pasir kuarsa yang diletakkan pada luasan box dengan asumsi kecepatan aliran dianggap sama dan infiltrasi yang sama. Perlakuan yang dilakukan adalah dengan kemiringan yang bervariasi namun dengan hujan yang konstan. Selanjutnya dicobakan pula pada kondisi tingkat kejenuhan air yang berbeda.

Perlakuan dengan kemiringan yang berbeda adalah untuk menjawab permasalahan apakah dengan kemiringan yang berbeda akan menghasilkan jumlah limpasan yang sama atau berbeda walaupun dengan hujan yang sama, media infiltrasi yang sama. Pemilihan dan penentuan jumlah limpasan dengan merata-rata atau dengan memilih nilai yang sering muncul dan berturut-turut, dari hasil pengamatan eksperimen,

adalah menjadi jawaban atas pertanyaan bahwa bagaimanakah menentukan nilai jumlah limpasan konstan sebagai penentu waktu konsentrasi.

Penelitian ini menggunakan alat simulator hujan S12-MKII Hydrology System, Armfield UK, dengan 2 luasan. Luasan yang pertama berukuran tanki 0,97 x 1,2 x 0,3 meter dan yang kedua adalah dengan ukuran 2 x 1.2 x 0.3 meter. Pada bagian atasnya tangki ini memiliki *nozzle* yang bisa mengatur besarnya butiran hujan yang jatuh. Tangki uji ini juga memiliki dua buah pipa berpori bagian dasar, penelitian dilakukan pada kondisi kecepatan yang dianggap **sama**, sketsa alirannya sebagai berikut Gambar 1:



Gambar 1. Skema kecepatan aliran air di lahan pada semua titik **sama**

Tabel 1. Rancangan penelitian hubungan hujan, limpasan dan infiltrasi – dengan Pasir kuarsa

A (m <sup>2</sup> )	Hujan I (lt/min)	Kadar air (w) awal	S	A (m <sup>2</sup> )	Hujan I (lt/min)	Kadar air (w) awal	S
2 x 1,2	1, 2, 2,5	W1	1%	0,97x1,1	1, 2, 2,5	W1	1%
			2%				2%
			3%				3%
		W2	1%			W2	1%
			2%				2%
			3%				3%
		W3	1%			W3	1%
			2%				2%
			3%				3%

W1 : awal penimbunan kadar air 10%

W2 : kadar air 80% (2 jam)

W3 : kadar air 40% (pengeringan dalam tanki 3 hari, 180 menit)

Rancangan percobaan untuk menggunakan alat simulator hujan ada di Tabel 1. Tabel 1 memudahkan untuk melakukan percobaan hubungan hujan dan limpasan serta infiltrasi di simulator hujan di labolatorium. Mengapa dimulai dengan hujan dulu, hal ini adalah untuk menyesuaikan kemiringan yang divariasikan sehingga didapatkan data yang baik dan tidak mengulang kembali. Pertimbangan lainnya adalah karena media pasir atau tanah dengan jumlah yang banyak perlu dipersiapkan rancangan yang matang sehingga tidak kehabisan energi dan waktu untuk mengulang percobaan.

Berdasarkan rancangan percobaan yang dilakukan maka sampel dari pengolahan data dari hasil data yang diambil adalah  $2A \times 3I \times 3W \times 3S = 54$  data yang bisa diperoleh. Perulangan dilakukan minimal 2 kali dari percobaan yang telah dilakukan.



Pengolahan data hasil pengamatan divariasikan untuk mengetahui hubungan antara hujan dan limpasan, hujan limpasan dan infiltrasi, hujan limpasan dan waktu tunggu, hujan limpasan dan waktu konsentrasi, hujan limpasan infiltrasi dan waktu konsentrasi. Masing-masing pengamatanpun dapat diambil pembahasan dan analisis tentang hubungan antara waktu konsentrasi terhadap luasan yang berbeda, waktu konsentrasi terhadap hujan, dan luasan yang berbeda, waktu konsentrasi terhadap luasan yang berbeda, kemiringan yang berbeda, waktu konsentrasi terhadap luasan yang sama hujan berbeda kemiringan berbeda, dan lainnya.

Penelitian ini akan dibahas untuk 1) variasi kemiringan dan hujan yang tetap, dan kondisi media peyerapan yang sama terhadap jumlah limpasan. 2) menentukan nilai konstan dari jumlah limpasan 3) menentukan waktu konsentrasi pada jumlah limpasan tersebut setelah konstan.

Penyelesaian dengan statistik diperlukan untuk menentukan jumlah limpasan yang benar. Modus adalah nilai yang memiliki frekuensi terbanyak dalam seperangkat data. Modus untuk data tunggal dapat ditentukan dengan mengelompokkan nilai data yang sama, kemudian kelompok nilai data yang paling banyak adalah modus data tersebut.

$$Mo = b + \left( \frac{b_1}{b_1 + b_2} \right) \times p \quad 7)$$

Dimana:

Mo : Modus

b : batas bawah kelas interval dengan frekuensi terbanyak

p : panjang kelas interval

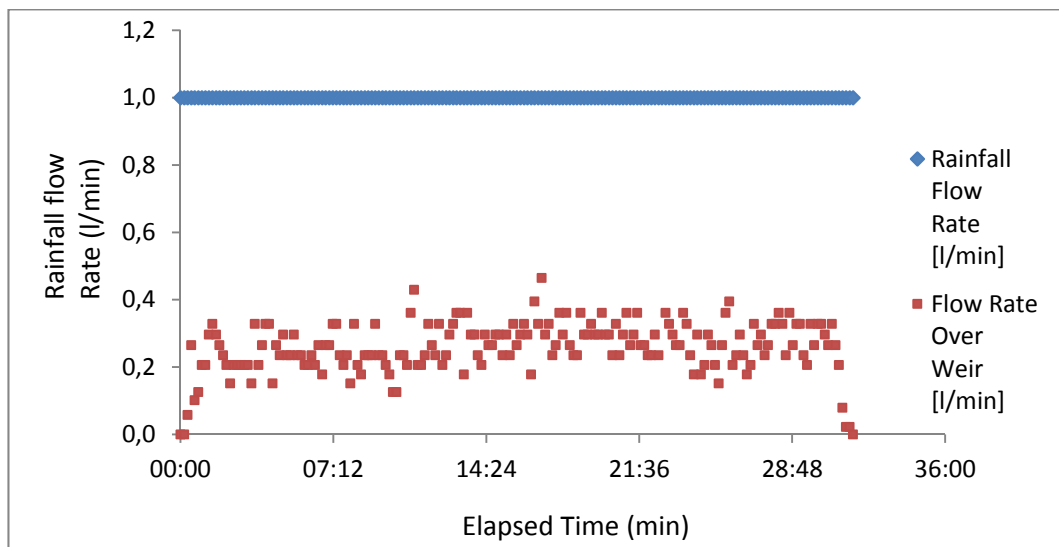
b<sub>1</sub> : f<sub>m</sub> – f<sub>m-1</sub> (frekuensi kelas modus dikurangi frekuensi kelas sebelumnya)

b<sub>2</sub> : f<sub>m</sub> – f<sub>m+1</sub> (frekuensi kelas modus dikurangi f<sub>k</sub> sesudahnya)

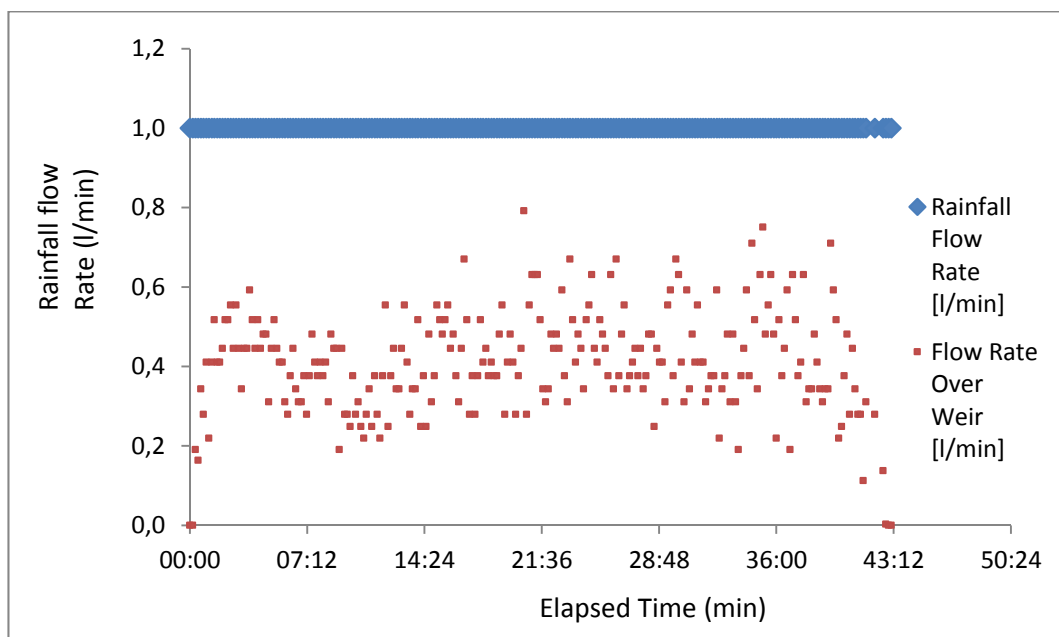
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

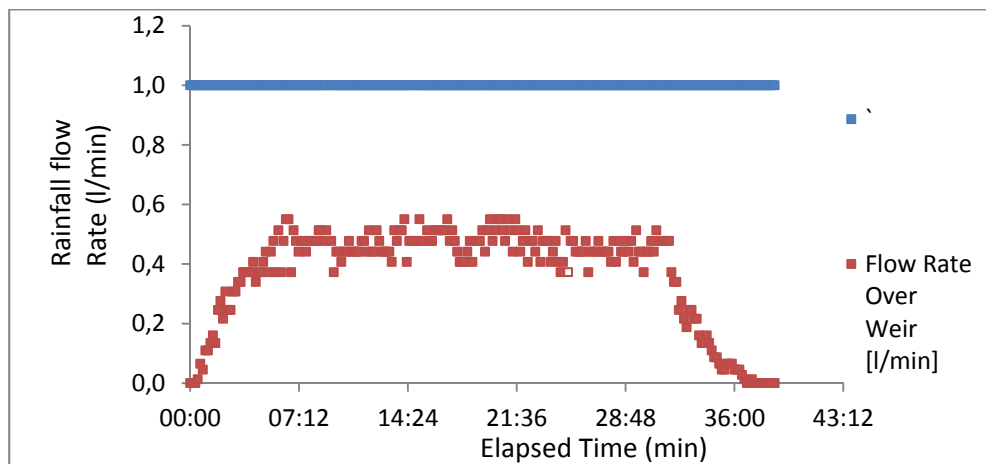
Penelitian ini dilakukan dengan perlakuan hujan 1 liter dan kemiringan 1%, 2%, 3% dengan luas tangki



Gambar 1. Hujan 1liter, kemiringan 1%



Gambar 2 Hujan 1 liter, kemiringan 2%



Gambar 3. Hujan 1 liter, kemiringan 3%

Berdasarkan hasil pengamatan, gambar 1,2,3 menunjukkan jumlah limpasan pada hujan yang sama di kemiringan yang berbeda. Gambar 1 adalah hujan 1 liter, kemiringan 1% yang terjadi pada W1 (kadar air 10%). Kondisi ketiganya mempunyai kadar air awal yang sama yaitu 10%. Dapat terlihat bahwa semakin miring lahan maka jumlah limpasan semakin banyak. Hal ini berkaitan dengan pembahasan yang disampaikan oleh (Ni'matul, et al., 2004) bahwa kemiringan mempengaruhi aliran permukaan, walaupun sebenarnya tidak hanya kemiringan yang mempengaruhi, yaitu secara bersamaan kadar air tanah awal dan tingkat kejenuhan tanah mempengaruhi jumlah limpasan. (Khaerudin, et al., 2015)

Jumlah limpasan yang terjadi dapat dilihat pada kondisi konstan dari Gambar 1, 2, dan 3. Jumlah limpasan ditentukan dengan nilai jumlah limpasan yang sering muncul dan secara signifikan mengisi setiap waktu.

Modus adalah nilai yang memiliki frekuensi terbanyak dalam seperangkat data. Modus untuk data tunggal dapat ditentukan dengan mengelompokkan nilai data yang sama. Modus untuk gambar 1, 2, dan 3:

Tabel 1 perhitungan jumlah limpasan dengan modus kelompok

1liter, kemiringan	Nilai Modus limpasan (liter/menit)
1%	0,235
2%	0,354
3%	0,477

Untuk menentukan nilai jumlah limpasan bila ditentukan grafik akan mengalami kendala, karena kesesuaian pada nilai kosntan yang sangat beragam dan tingkat sensitivitas alat ukur debit dengan *software*.

Waktu konsentrasi ini terjadi diawali dengan hujan yang jatuh pada suatu lahan melimpas dan meresap sebagai infiltrasi. Pada aliran di lahan (*overlandflow*) infiltrasi menjadi satu-satu nya kehilangan yang terjadi.

Waktu konsentrasi pada hubungan hujan, limpasan, dan infiltrasi adalah pada kejadian jumlah limpasan dan infiltrasi pada kondisi konstan. Kondisi konstan pada hubungan hujan dan limpasan ini adalah merupakan kejadian saat kapasitas

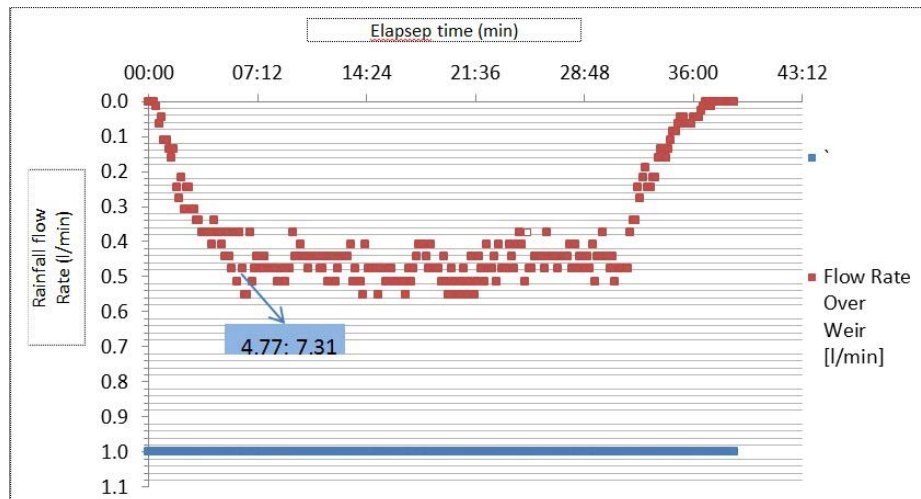
infiltrasi sudah lebih besar dibandingkan dengan intensitas hujan. Penentuan waktu konsentrasi ditentukan berdasarkan hasil dari modus jumlah hujan yang telah ditentukan, yaitu:

Tabel 2 Penentuan Waktu Konsentrasi berdasar kan modus dan nilai konstan

1liter, kemiringan	Nilai Modus limpasan (liter/menit)	Waktu konsentrasi menit
1%	0,235	04:40
2%	0,354	05:57
3%	0,477	07:31

Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat diketahui bahwa semakin miring lahan akan semakin lama waktu konsentrasi yang terjadi.

Cara menentukan waktu konsentrasi adalah dengan menarik garis awal mulai konstan dengan nilai modus jumlah limpasan. Berikut adalah salah satu cara penentuan waktu konsentrasi menggunakan metode dasar nilai modus, Gambar 4.



Gambar 4. Penentuan waktu konsentrasi untuk hujan 1 liter, kemiringan 3%

## Kesimpulan Dan Saran

### Kesimpulan

1. Jumlah limpasan semakin besar seiring dengan semakin curam lahan. Penelitian ini mempunyai media yang sama sehingga kecepatan penyerapan yang terjadi adalah sama
2. Jumlah limpasan ditentukan dengan nilai modus statistic karena sebaran nilai yang terlalu fluktuatif sehingga untuk mengatasinya perlu ada metode, dalam hal ini menggunakan metode nilai Modus Multi
3. Waktu konsentrasi yang terjadi pada aliran di lahan adalah merupakan aliran yang mempunyai sebaran kecepatan yang seragam, sehingga dihasilkan waktu kosentrasi yang semakin lama pada kemiringan lahan yang semakin curam.

## Rekomendasi

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan pengaruh luasan yang berbeda
2. Kendala penelitian dengan simulator hujan di laboratorium adalah kendali akan kondisi tetap yang ada di lapangan sehingga pengambilan data ini perlu di ulang
3. Variabel yang ada dengan menerapkan kondisi tanah dalam satu pengaruh yang bersama-sama

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kemenristek DIKTI atas persestujuan dana penelitian ini, juga kepada Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya yang telah memberikan in kind alat simulator hujan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## Daftar Pustaka

- Assouline S and Selker JS and Parlange, JY A Simple a rainfall accurate to predict time of ponding under variable intensity rainfall [Journal]. - [s.l.] : *Water Resources Research*, 2007. - Vol. 43.
- Estevesa M [et al.] Overland flow and infiltration modelling for small plots during unsteady rain: numerical results versus observed values [Conference]. - 2000. - pp. 265-282.
- Khaerudin D Noorvy, Montarich Lily and Harisuseno Donny Estimates of Time of Concentration in Rainfall, Runoff and Infiltration Application [Conference] // *ICWRDEP*. - Malang : Brawijaya University, 2015.
- Khaerudin D Noorvy, Suharyanto Agus and Harisuseno Donny Infiltration and surface runoff processes on slope and soil compaction with rainfall simulator experiment [Conference] // *World Congress*. - Kuala Lumpur Malaysia : IAHR, 2017.
- Morgali and Linsley Computer Analysis of Overlandflow [Journal]. - *America : Journal Hydraulic*, 1965.
- Ni'matul Khasanah, Betha Lusiana and Farida Meine van Noordwijk Simulasi Limpasan Permukaan dan Kehilangan Tanah pada Berbagai Umur Kebun Kopi: Studi Kasus di Sumberjaya, Lampung Barat [Journal]. - Bogor : *Agrivita*, 2004. - Vol. 26.
- Samuel U Ogbonna Formula for the Time of Concentration of Runoff [Journal] // *Journal of Hydraulic Engineering*. - 2004. - pp. 576-579.
- V.T Chow, Maidment D.A and Mays L.W Applied Hydrology [Journal]. - New York : Mc. Graw-Hill, 1988.
- Wong TS and Chen CN Time of Concentration formula for sheet flow of varying flow regime [Journal]. - [s.l.] : *Journal of Hydrologic Engineering*, 1997.